

令和元年6月12日現在

機関番号：82627

研究種目：研究活動スタート支援

研究期間：2018～2018

課題番号：18H05924

研究課題名（和文）不飽和土壌中における非水溶性汚染流体の移動機構に関する微視的理論研究

研究課題名（英文）Microscale theoretical study on seepage mechanism of non-aqueous phase liquids in unsaturated ground

研究代表者

中村 圭太（Nakamura, Keita）

国立研究開発法人海上・港湾・航空技術研究所・港湾空港技術研究所・研究官

研究者番号：00827347

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 900,000円

研究成果の概要（和文）：連続体の大変形問題を追跡可能なMPMによる数値解析コードを開発した。本研究の目標は、数値解析により土粒子間隙内を流れる水、NAPL、空気の3相を数値解析により微視的に観察することであるが、その基盤となるプログラム作成のため、ダムブレイクおよび砂柱の崩壊問題を解いた。

さらに本研究では、2つの連続体の接触特性を考慮している。そのため、本研究で開発した数値解析技術を用いれば、任意形状の剛体と流体との接触特性を考慮することができ、今後、界面張力や粘着力について考慮することで、剛体としてモデル化した土粒子の間隙内を流れる流体の移動機構について検討を進めることが可能である。

研究成果の学術的意義や社会的意義

これまで、水、NAPL、空気3相の浸透流問題では、ダルシー則（土粒子間隙内の平均流速）による有限要素法、有限体積法を用いることが多く、間隙流体を直接的に解き、その挙動を観察する研究は例がない。本研究では、微視的な挙動から数値解析を用いて考察を行うことで、間隙流体の浸透メカニズムの解明を試みていることから、学術的価値は高いと考えられる。

研究成果の概要（英文）：A numerical analysis code by MPM that can represent large deformation problems for continua was developed. Although the goal of this research is to observe microscopically three phases of water-NAPL-air three phase seepage flow phenomenon, we first developed the MPM code to simulate dam break and sand column collapse as the . Furthermore, in this study, a contact algorithm for two bodies is applied. Therefore, by using the numerical code developed in this research, it is possible to simulate the contact between a rigid body of arbitrary shape and a fluid. In the future, the micro-scale seepage behavior of the fluids in the void space will be simulated by considering interface tension and adhesion of fluids.

研究分野：数値地盤力学

キーワード：土壌汚染 NAPL 多相浸透流解析 3相特性曲線モデル

## 1. 研究開始当初の背景

NAPL による土壤汚染問題では、土壤の汚染形態を正確に把握し、適切な対策方法を選定する必要があるが、原位置調査や過去の経験に基づいた対策だけでは不十分なため、水-NAPL-空気 3 相の浸透流解析技術の援用が必須となる。この解析においては、土粒子間隙における 3 相の圧力-飽和度関係のモデル化が計算の信頼性を左右する。これまで、3 相モデルには Leverett の理論 (3 相の圧力-飽和度関係は、2 相の圧力-飽和度関係 (水-NAPL, NAPL-空気) で表現できる) が広く用いられてきた。しかし、NAPL の飽和土が小さい場合や、高い界面張力を有する NAPL の場合 (例えばテトラクロロエチレン、デカンなど) には Leverett の理論が破綻することが実験的に確認されており、この際、地盤内の NAPL の残留量を過小評価することが指摘されている。

## 2. 研究の目的

水-NAPL-空気 3 相の圧力-飽和度関係のモデル化にこれまで広く用いられてきた Leverett の理論は、その限界は露わになっているものの、具体的に克服する手法はまだなく、地盤内の汚染状況を正確に把握し、効果的な対策法を選定するには、Leverett の理論に代わる新たな理論が必要である。そこで本研究では、土粒子間隙内を微視的に観察することで、間隙流体圧係数と NAPL の界面張力の関係性を解明し、Leverett の理論の適用限界を克服した新たな理論を構築し、それを組み込んだ新しい土壤汚染開発技術を開発することを目的とする。

## 3. 研究の方法

通常、地盤の浸透問題はダルシー則に基づいて有限要素法などで解析されるが、この場合、得られる各相の流速は平均化された流速であり、土粒子の間隙内に流れる流体を直接解いてはいない。そこで、圧力-飽和度関係のモデル化にあたって、間隙内を流れる水、NAPL、空気の 3 相を数値解析により微視的に観察するために、Material Point Method (MPM) を用いた数値解析技術を開発する。MPM は地盤の大変形問題などに近年適用化が進められている解析手法であるが流体についても適用可能である。

## 4. 研究成果

連続体の大変形問題を追跡可能な MPM による数値解析コードを開発した。本研究の目標は、数値解析により土粒子間隙内を流れる水、NAPL、空気の 3 相を数値解析により微視的に観察することであるが、その基盤となるプログラム作成のため、ダムブレイク (図-1) および砂柱の崩壊問題 (図-2) を解いた。砂柱の崩壊シミュレーションでは、構成則は Drucker-Prager モデルを用いており、安息角が Drucker-Prager モデルの内部摩擦角に一致することを確認している。

さらに本研究では、2 つの連続体の接触特性を考慮している。そのため、本研究で開発した数値解析技術を用いれば、任意形状の剛体と流体との接触特性を考慮することができ、今後、界面張力や粘着力について考慮することで、剛体としてモデル化した土粒子の間隙内を流れる流体の移動機構について検討を進めることが可能である。



図-1: ダムブレイク

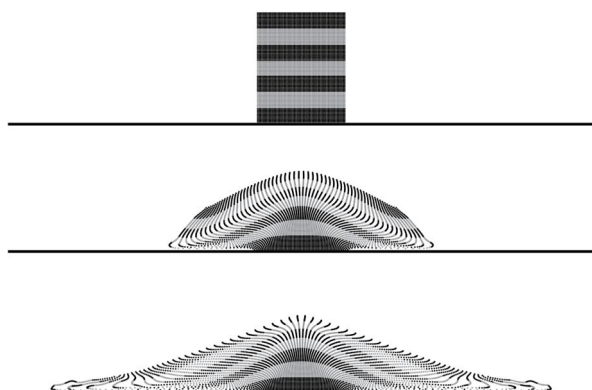


図-2：砂柱の崩壊

## 5．主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計 0件)

〔学会発表〕(計 0件)

〔図書〕(計 0件)

〔産業財産権〕  
出願状況(計 0件)

名称：  
発明者：  
権利者：  
種類：  
番号：  
出願年：  
国内外の別：

取得状況(計 0件)

名称：  
発明者：  
権利者：  
種類：  
番号：  
取得年：  
国内外の別：

〔その他〕  
ホームページ等

## 6．研究組織

(1)研究分担者  
研究分担者氏名：  
ローマ字氏名：  
所属研究機関名：  
部局名：  
職名：

研究者番号（8桁）:

(2)研究協力者

研究協力者氏名:

ローマ字氏名:

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属されます。